

**Method of electronically monitoring and controlling a process for the adjustment of mobile parts**

Patent Number: ☐ US6630808  
Publication date: 2003-10-07  
Inventor(s): KLIFFKEN MARKUS (DE); KRUEGER HARTMUT (DE); WOLF JOERG (DE)  
Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19925372  
Application Number: US20020980410 20020304  
Priority Number(s): DE19991025372 19990602; WO2000DE01425 20000505  
IPC Classification: H02P7/00  
EC Classification: G05B13/04B  
Equivalents: BR0011536, EP1256154, ☐ WO0074195

---

**Abstract**

---

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 25 372 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 05 B 13/04**  
G 05 B 23/02  
E 05 F 15/20  
F 16 P 3/12

②1 Aktenzeichen: 199 25 372.2  
②2 Anmeldetag: 2. 6. 1999  
④3 Offenlegungstag: 7. 12. 2000

DE 199 25 372 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Kliffken, Markus G., 77815 Bühl, DE; Wolf, Joerg,  
Dr., 76139 Karlsruhe, DE; Krueger, Hartmut, 77830  
Bühlertal, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

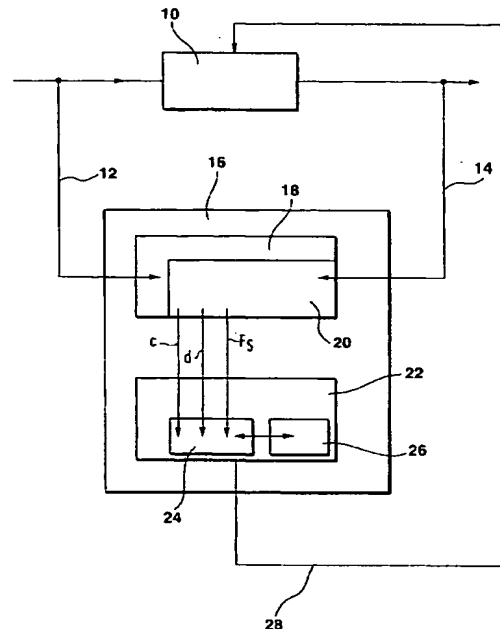
DE 197 45 597 A1  
DE 196 18 219 A1  
DE 195 26 559 A1  
DE 44 16 803 A1  
DE 295 03 337 U1  
US 56 61 669 A

SCHULER, Hans: Prozeßführung, R. Oldenbourg  
Verlag,  
München, Wien, 1999, 1. Aufl., ISBN 3-486-23477-3,  
S. 235-238;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Verfahren zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile

- ⑤7 Verfahren zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile, insbesondere von Fenstern und Schiebedächern eines Kraftfahrzeugs, zur Gewährleistung eines Einklemmschutzes mit mindestens folgenden Schritten:
- Zuführen von für den Prozeß charakteristischen Eingangs- und Ausgangsgrößen zu einer Erkennungseinrichtung (1),
  - Auffinden und Optimieren von typischen Prozeßgrößen eines in der Erkennungseinrichtung (16) abgelegten und den Prozeß beschreibenden Modells,
  - Bewerten der typischen Parameter durch Vergleich mit in der Erkennungseinrichtung (1) abgelegten Prozeßgrößen,
  - Ermitteln einer Korrekturgröße für den Prozeß in Abhängigkeit des Vergleichs,
  - Beeinflussen des Prozesses durch Zuführen der ermittelten Korrekturgröße zu dem Prozeß.



DE 199 25 372 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile, insbesondere von Fenstern und Schiebedächern eines Kraftfahrzeugs zur Gewährleistung eines Einklemmschutzes.

Die bis heute bekannten Verfahren zur Realisierung eines Einklemmschutzes lassen sich grob in direkte und indirekte Verfahren unterteilen.

Bei den direkten Verfahren wird die Einklemmkraft explizit mit entsprechend angeordneten Sensoren gemessen und bei Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwerts der Antrieb stillgesetzt oder reversiert. Häufig werden dabei sogenannte Sensorleisten benutzt, die in die Dichtungen des Anschlages integriert sind. Der Nachteil der direkten Verfahren liegt im hohen instrumentellen Aufwand sowie in der relativ geringen Zuverlässigkeit und Beständigkeit gegenüber Alterungsprozessen.

Die gängigen indirekten Verfahren basieren auf der Auswertung anderer Meßgrößen, die mit der Kraft in Zusammenhang stehen. Derartige Meßgrößen sind typischerweise der durch den Antrieb fließende Strom, die Antriebsgeschwindigkeit des bewegten Teils oder die Drehzahl eines rotierenden Teils des Antriebs.

Die indirekten Verfahren nutzen die Tatsache, daß sich die mit der Kraft in Zusammenhang stehenden Meßgrößen im Einklemmfall ebenfalls ändern und sich somit zur frühzeitigen Erkennung des Einklemmzustandes eignen. Sie sind jedoch ebenfalls mit einem hohen technischen Aufwand verbunden und grundsätzlich anfällig gegenüber sich verändernden externen Einflüssen. So müssen z. B. Fahrzeugbewegungen, Temperatur- und Witterungsschwankungen oder Alterungsprozesse mit berücksichtigt werden.

Bei einer Kombination beider Verfahren kann die Zuverlässigkeit zwar gesteigert werden, allerdings steigt damit der technische Aufwand weiter.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat den Vorteil, daß bei geringerem technischen Aufwand zur Umsetzung des Verfahrens nicht nur eine wesentlich größere Zuverlässigkeit sondern auch eine weit höhere Sensibilität und Schnelligkeit erreicht wird.

Das Verfahren basiert auf einem völlig neuen Ansatz, der von einer physikalischen Beschreibung des Verstellprozesses ausgeht. Diese Beschreibung erfolgt auf der Grundlage eines den Verstellprozeß entweder vollständig oder zumindest in wesentlichen Teilen wiedergebenden Modells, welches in einer Erkennungseinrichtung abgelegt ist. Mit diesem Modell wird unter Berücksichtigung gemessener und für den Prozeß charakteristischer Eingangs- und Ausgangsgrößen ein Auffinden und Optimieren von typischen Prozeßgrößen durchgeführt. Das Auffinden der Prozeßgrößen kann beispielsweise auf analytischer oder iterativer Basis erfolgen.

Mittels einer Bewertung der typischen Prozeßgrößen durch Vergleich mit in der Erkennungseinrichtung abgelegten Prozeßgrößen kann eine Abweichung des Prozeßverlaufes vom Normalverhalten nicht nur eindeutig und höchst sensibel erkannt werden, sie kann darüberhinaus auch differenziert gedeutet werden.

Je nach Bewertung wird eine spezielle Korrekturgröße für

den Prozeß ermittelt, die dem Prozeß zugeführt wird und ihn beeinflußt. Signalisieren die Prozeßgrößen beispielsweise bei einem Fenster- oder Schiebedachschließvorgang, daß eine menschliche Hand eingeklemmt wird, dann wird die Korrekturgröße den Prozeß so beeinflussen, daß beispielsweise ein Reversieren oder ein Stoppen des elektronischen Antriebs erfolgt. Vorstellbar ist aber auch, daß bei Erkennen einer partiellen Schwergängigkeit der Prozeß dahingehend beeinflußt wird, daß der Motorstrom kurzzeitig erhöht wird.

Die im Anspruch 1 beschriebene Methode zum Auffinden und Optimieren bestimmter Prozeßgrößen stellt eine spezielle Methode zur Echtzeit-Auswertung eines gemessenen Werteverlaufs dar. Diese Echtzeitauswertung gewährleistet einen unmittelbaren Zugriff auf nicht direkt meßbare Größen, die für die Überwachung des Vorgangs höchst relevant sind und wichtige Informationen enthalten.

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens nach dem Hauptanspruch möglich.

So ist es von Vorteil, wenn das in der Erkennungseinrichtung abgelegte und den Prozeß beschreibende Modell die mechanischen oder hydraulisch/pneumatischen Prozesse abbildet, weil damit die Überwachung des Verstellvorganges erst ermöglicht wird.

Weiterhin vorteilhaft ist, wenn das Modell die Newtonsche Gleichung in der allgemeinen, vektoriellen Form

$$m \cdot \ddot{x} = \vec{F}$$

beinhaltet. Dabei ist m eine Masse, beispielsweise die Masse des beweglichen Teils, und F die Summe der wirkenden Kräfte, beispielsweise der Kräfte, die auf das bewegliche Teil wirken. Die Größe F kann von verschiedenen Parametern abhängig sein, beispielsweise von Zustandsgrößen wie dem Ort x oder eine der zeitlichen Ableitungen von x, sowie von speziellen Dämpfungs- und Reibungsparametern.

Die Gleichung kann in einer spezielleren Form die Gestalt

$$m \cdot \ddot{x} = \vec{K} \cdot I + d \cdot \dot{x} + c \cdot x + \vec{F}_s + m \cdot \vec{g}$$

annehmen. Durch diese Gleichung wird eine Bewegung eines beweglichen Teils beschrieben, welches einer Dämpfung d, einer Federsteifigkeit  $c = c(t)$ , einer antreibenden Kraft  $F_A = K \cdot I$  sowie einer Störkraft  $F_s$  unterliegen kann.

Wichtig für das erfindungsgemäße Verfahren ist primär nicht das Lösen obiger Differentialgleichung, also das Auffinden der Funktion  $x(t)$ , sondern in einer ersten Verfahrensvariante das Auffinden und Optimieren von Prozeßgrößen, welche für die Erkennung des Einklemmvorganges und dessen differenzierte Deutung relevant sind, also speziell der Parameter c und d oder auch von davon abhängigen Größen.

In einer weiteren Verfahrensvariante wird statt der Parameter c und d wenigstens eine Ausgangsgröße unter Berücksichtigung der Struktur obigen Differentialgleichungstyps berechnet und mit den entsprechenden gemessenen Ausgangsgrößen verglichen.

Somit findet parallel zum realen Vorgang eine Simulation statt, die es ebenfalls erlaubt, eine Abweichung vom Normalfall und insbesondere einen Einklemmvorgang sicher zu erkennen.

Beide Verfahrensvarianten werden im folgenden noch ausführlich beschrieben.

Die Differentialgleichung des in der Erkennungseinrichtung abgelegten Modells ist nicht auf eine spezielle Form beschränkt, wichtig ist lediglich, daß mit ihr die mechanischen oder die hydraulisch/pneumatischen Prozesse beschreibbar sind. Sie kann beispielsweise auch noch weitere

Störgrößen berücksichtigen oder in alternativen Darstellungen beispielsweise in den Frequenzbereich transformiert werden. Durchaus denkbar ist auch, daß das die verschiedenen Prozesse abbildende Modell lediglich aus Datenfeldern besteht, aus denen die optimalen typischen Prozeßgrößen herausgezogen und mit den berechneten Prozeßgrößen verglichen werden.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn in das Modell zur Beschreibung des Verstellvorganges bzw. des Öffnungs- und Schließvorganges eine Differentialgleichung mit eingeht, die den Stromaufbau im elektronischen Antrieb beschreibt.

Eine derartige Gleichung für die Antriebskraft  $F_A$  in der allgemeinen Form

$$F_A = f(U, I)$$

liefert einen Zusammenhang zwischen den mechanischen und den elektrischen Größen zur Beschreibung des Verstellprozesses.

Eine mögliche Differentialgleichung für permanenterregte Gleichstrommotoren hat die allgemeine Form

$$\bar{K} \cdot \ddot{x} = -(\bar{L} \cdot \dot{I}) + U + R \cdot I$$

Mit obiger Gleichung für den Stromaufbau läßt sich besagter Zusammenhang zwischen den mechanischen Größen der Bewegungsgleichung und den elektrischen Größen, also dem durch den elektronischen Antrieb fließenden Strom  $I$ , der am Antrieb anliegenden, elektrischen Spannung  $U$  und dem elektrischen Widerstand  $R$  des Antriebs, herstellen.

Somit kann in vorteilhafter Weise als Eingangsgröße für das erfindungsgemäße Verfahren die am elektronischen Antrieb anliegende Spannung  $U$  verwendet werden.

Als die der Erkennungseinrichtung zugeführten Ausgangsgrößen eignen sich der durch den elektronischen Antrieb fließende Strom  $I$  und/oder die Position  $x$  des beweglichen Teils und/oder eine zur Position  $x$  proportionale Winkelstellung  $\phi$  eines rotierenden Teiles des elektronischen Antriebs und/oder eine der zeitliche Ableitungen der Position  $x$  bzw. der Winkelstellung  $\phi$  oder eine geeignete Verknüpfung aus den genannten Größen.

Im folgenden wird die erste Variante des Verfahrens in allgemeiner Form beschrieben, bei der das Auffinden und Optimieren der Prozeßgrößen auf der Grundlage des sogenannten Parameteridentifikationsmodells durchgeführt wird.

Im Rahmen dieser Variante werden die für den Verstellprozeß bzw. den Öffnungs- und Schließvorgang charakteristischen Parameter, nämlich die Federsteifigkeit  $c$  und der Dämpfungsterm  $d$  oder davon abhängige Größen berechnet und optimiert. Der Optimierungsprozeß erfolgt auf der Grundlage des den Prozeß beschreibenden Modells unter Berücksichtigung der gemessenen Eingangs- und Ausgangsgrößen, wobei in der Erkennungseinrichtung die den gemessenen Ausgangsgrößen entsprechenden Ausgangsgrößen berechnet werden. Die Parameter  $c$  und  $d$  werden dann in der Weise angepaßt, daß die berechneten Ausgangsgrößen mit den realen, gemessenen Ausgangsgrößen möglichst gut übereinstimmen.

Anders ausgedrückt wird auf der Grundlage gemessener Daten ein Satz von Parametern bestimmt, anhand dessen sehr zuverlässig auf eine Abweichung vom Normalverlauf, beispielsweise auf einen Einklemmvorgang geschlossen werden kann.

Die beiden Parameter  $c$  und  $d$ , also die Federsteifigkeit  $c$  und der Dämpfungsterm  $d$ , steigen im Einklemmfall sehr stark an und sind zum Überwachen eines Verstellvorganges

und zum Erkennen eines Einklemmvorganges besonders gut geeignet. Verändern sich die berechneten und optimierten Parameter, insbesondere die Federsteifigkeit  $c$ , ist davon auszugehen, daß ein anormaler Zustand, beispielsweise ein Einklemmzustand vorliegt und es können Maßnahmen zum Reversieren oder Stoppen des elektronischen Antriebs eingeleitet werden.

Ein weiterer Vorteil dieser Verfahrensvariante liegt darin, daß durch das Optimieren der relevanten Parameter der Einklemmvorgang differenziert auswertbar ist. Beispielsweise gibt der absolute Wert des Parameters  $c$  oder auch seine zeitliche Entwicklung Aufschluß darüber, ob ein weicher oder ein harter Gegenstand eingeklemmt wird. So kann beispielsweise erkannt werden, ob sich relativ weiche Körperteile eines Menschen, wie z. B. der Hals, oder relativ harte Körperteile, wie z. B. der Kopf, zwischen dem Fenster und dem Fensterrahmen befinden. Auch für menschliche Gliedmaßen liegen typische Werte des Parameters  $c$  vor, so daß auch solche Einklemmvorgänge erkennbar sind.

Anhand des absoluten Wertes des Dämpfungsparameters  $d$  oder dessen zeitlicher Entwicklung kann gezielt auf bestimmte Systemgrößen geschlossen werden, beispielsweise ob an einer bestimmten Stelle lediglich eine Schwergängigkeit vorliegt, von der akut keine Einklemmgefahr ausgeht.

Diese differenzierte Deutung ermöglicht es nicht nur eindeutige Einklemmsituationen sicher zu erkennen, sondern auch optimale Maßnahmen zu deren Beseitigung zu ergreifen. Außerdem erlaubt sie die Adaption des Systems an sich verändernde Bedingungen, beispielsweise das Heraufsetzen des Schwellwertes für das Stoppen oder Reversieren des Antriebs bei unkritischen Schwergängigkeiten.

Das Auffinden und Optimieren der beiden Parameter der Dämpfung  $d$  und der Federsteifigkeit  $c$  kann noch verbessert werden, wenn zusätzlich eine Störgröße  $F_S$ , also beispielsweise externe Kräfte, die von Fahrzeugbewegungen verursacht werden, mitbestimmt wird. Gelingt es nämlich diese Störgrößen herauszufiltern, dann wird eine höhere Genauigkeit und Sensibilität erreicht.

Eine zweite vorteilhafte Variante des Verfahrens besteht darin, daß die fortlaufende Optimierung der typischen Prozeßgrößen auf der Grundlage des sogenannten Beobachtungsmodells durchgeführt wird. Im Rahmen dieser zweiten Variante werden nicht die das System bestimmenden Parameter der Federsteifigkeit  $c$  und der Dämpfung  $d$  optimiert, sondern vielmehr ein Auffinden und Optimieren bestimmter und wenigstens einer Ausgangsgröße durchgeführt.

Das dieser Variante zugrunde liegende Prinzip ist eine Simulation des Verstellvorganges bzw. des Öffnungs- und Schließvorganges in der Erkennungseinrichtung, die parallel zu dem realen Vorgang abläuft. Um diese Echtzeit-Simulation zu starten, ist eine gemessene Eingangsgröße erforderlich, mit der eine Ausgangsgröße berechnet wird. Die Berechnung der Ausgangsgröße kann fortlaufend korrigiert werden, indem zusätzlich die gemessene Ausgangsgröße berücksichtigt wird. Somit wird der Genauigkeitsgrad der Simulation sukzessive erhöht.

Genau wie bei dem ersten Verfahren der Parameteridentifikation wird auch hier eine berechnete Systemgröße an eine gemessene Systemgröße optimal angepaßt. Zum eigentlichen Erkennen des Einklemmvorganges werden sogenannte Residuen gebildet, die den Unterschied zwischen den gemessenen Ausgangsgrößen und den optimierten Ausgangsgrößen wiedergeben.

Diese Residuen können beispielsweise durch Entkopplung von externen Störkräften so ausgelegt werden, daß sie sehr empfindlich auf einen tatsächlichen Einklemmvorgang reagieren, und gleichzeitig unempfindlich gegenüber externen Störungen sind.

In der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 einen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einer ersten Variante,

Fig. 2 einen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einer zweiten Variante, und

Fig. 3 eine Vorrichtung zur Anwendung der beschriebenen Verfahrensvarianten.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile zeigt eine erste Variante, bei der als Eingangsgröße 12 eine Spannung U an einem zu überwachenden System 10 anliegt. Die Ausgangsgröße 14 ist die Position des zu verstellenden Teils. Die Eingangsgröße 12 und die Ausgangsgröße 14 des zu überwachenden Systems 10 werden einer Erkennungseinrichtung 16 zugeführt. Diese Erkennungseinrichtung 16 enthält einen Optimierungsbaustein 18, in dem als die mechanischen Prozesse abbildendes Modell die Differentialgleichungen

$$m \cdot \ddot{x} = \bar{K} \cdot I + d \cdot \dot{x} + c \cdot x + \bar{F}_s + m \cdot \bar{g}$$

und

$$\bar{K} \cdot \bar{x} = -(L \cdot \dot{I}) + U + R \cdot I$$

abgelegt sind.

Dabei ist K eine Konstante,  $\dot{x}$  die Geschwindigkeit des beweglichen Teils, L die Induktivität des Antriebs, I der elektrische Strom im Antrieb,  $\dot{I}$  die zeitliche Änderung des elektrischen Stroms im Antrieb, U die am Antrieb anliegende elektrische Spannung, R der elektrische Widerstand des Antriebs,  $K \cdot I$  die Antriebskraft  $F_A$ , d ein Dämpfungsterm, c die Federsteifigkeit,  $F_s$  eine Störkraft und g die Gravitationskonstante.

In einer Untereinheit 20 des Optimierungsbausteins 18 wird auf der Grundlage dieses Modells und mit einem vorgegebenen, ersten Satz von Parametern für die Federsteifigkeit c, dem Dämpfungsterm d und der Störgröße  $F_s$  die Ausgangsgröße 14, also die Position des zu verstellenden Teils, berechnet.

Mit Hilfe eines Vergleichs der auf dieser Grundlage berechneten Position mit der gemessenen Position wird entschieden, ob dieser erste Parametersatz im Rahmen einer vorgegebenen Genauigkeit zur Bewertung des Prozesses weiter benutzbar ist, oder ob die Parameter c, d und  $F_s$  beispielsweise aufgrund schwankender Umgebungsbedingungen an das geänderte System angepaßt werden müssen. Ist letzteres der Fall, so wird der Satz von Parametern so lange optimiert, bis das berechnete Systemverhalten bzw. die berechnete Position mit dem gemessenen Systemverhalten bzw. der gemessenen Position ebenfalls im Rahmen einer vorgegebenen Genauigkeit übereinstimmt.

Die so optimierten und gefundenen Parameter werden anschließend einem Zwischenspeicher 24 als Teil eines Vergleichsbausteins 22 zugeführt. In diesem Vergleichsbaustein ist weiterhin ein Speicher 26 enthalten, in dem Vergleichswerte für den berechneten Satz von Parametern abgelegt sind.

Die Bewertung der berechneten und optimierten Parameter erfolgt auf der Grundlage eines Vergleichs mit den im

Speicher 26 abgelegten und für den jeweiligen Prozeßschritt relevanten Parametern. In Abhängigkeit davon wird eine Korrekturgröße 28 ermittelt, die dem zu überwachenden System 10 bzw. dem laufenden Prozeß zugeführt wird. Dies ermöglicht es, den Prozeß je nach ermittelter Korrekturgröße 28 mehr oder weniger stark zu beeinflussen. Beispielsweise kann bei starker Abweichung der optimierten Federsteifigkeit c von der im Speicher 26 abgelegten Federsteifigkeit c auf einen Einklemmvorgang geschlossen und ein Reversieren oder Stoppen des in Fig. 3 dargestellten elektronischen Antriebs 34 eingeleitet werden.

In Fig. 2 ist eine zweite Verfahrensvariante dargestellt, bei der für gleiche Positionen wie in Fig. 1 gleiche Bezugswerte verwendet werden.

Bei dieser zweiten Verfahrensvariante wird in der Erkennungseinrichtung 16 der Verstellprozeß simuliert. Dies geschieht unter Berücksichtigung der gemessenen Eingangsgröße 12, in dem Fall der Spannung U, und der gemessenen Ausgangsgröße 14, hier die Position des zu verstellenden Teils, wobei die Ausgangsgröße fortlaufend berechnet und an die gemessene Ausgangsgröße 14 angepaßt wird. Ist die Anpassung innerhalb gewisser Grenzen optimal, dann wird in der Untereinheit 20 die Differenz 15 zwischen berechneter und gemessener Ausgangsgröße gebildet. Diese Differenzen 15, die als Residuen bezeichnet werden, werden an den Bewertungsbaustein 22 weitergeleitet, der eine dem Residuum entsprechende Korrekturgröße 28 an das zu überwachende System 10 schickt. Die Korrekturgröße 28 beeinflusst genau wie in dem ersten Ausführungsbeispiel den zu überwachenden Prozeß.

In Fig. 3 ist als Beispiel für ein zu überwachendes System eine Fahrzeuggestür 10 mit einem Türrahmen 30 und einer Fensterscheibe 32 dargestellt. Die Fensterscheibe 32 wird von einem elektronischen Antriebssystem 34 angetrieben und erlaubt das Öffnen und Schließen des Fensters 32.

Mit den beiden schon ausführlichen beschriebenen Verfahrensvarianten läßt sich somit eine Überwachung des Öffnungs- und Schließvorganges des in Fig. 3 dargestellten Fensters einer Kraftfahrzeugtür durchführen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum elektronischen Überwachen und Steuern eines Prozesses zum Verstellen beweglicher Teile, insbesondere von Fenstern und Schiebedächern eines Kraftfahrzeugs, zur Gewährleistung eines Einklemmschutzes mit mindestens folgenden Schritten:

- Zuführen von für den Prozeß charakteristischen Eingangs- und Ausgangsgrößen zu einer Erkennungseinrichtung (16),
- Auffinden und Optimieren von typischen Prozeßgrößen eines in der Erkennungseinrichtung (16) abgelegten und den Prozeß beschreibenden Modells,
- Bewerten der Prozeßgrößen durch Vergleich mit in der Erkennungseinrichtung (16) abgelegten Prozeßgrößen,
- Ermitteln einer Korrekturgröße für den Prozeß in Abhängigkeit des Vergleichs,
- Beeinflussen des Prozesses durch Zuführen der ermittelten Korrekturgröße zu dem Prozeß.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der Erkennungseinrichtung (16) ein die mechanischen Prozesse abbildendes Modell abgelegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Modell ein Differentialgleichung beinhaltendes Modell der allgemeinen Form

$$m \cdot \ddot{x} = \bar{F}$$

herangezogen wird, mit

m = Masse,

$\ddot{x}$  = Beschleunigung,

F = Summe der wirkenden Kräfte.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Modell ein Differentialgleichung beinhaltendes Modell der spezielleren Form

$$m \cdot \ddot{x} = \bar{K} \cdot I + d \cdot \dot{x} + c \cdot x + \bar{F}_S + m \cdot \bar{g}$$

herangezogen wird, mit

K = Konstante,

I = Strom,

$K \cdot I$  = Antriebskraft  $F_A$ ,

d = Dämpfungsterm,

$\dot{x}$  = Geschwindigkeit,

c = Federsteifigkeit,

$F_S$  = Störkraft,

g = Gravitationskonstante.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Erkennungseinrichtung (16) ein den Stromverlauf im elektronischen Antrieb (34) abbildendes Modell abgelegt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Modell eine Gleichung in der allgemeinen Form

$$F_A = f(U, I)$$

herangezogen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als Gleichung für den Stromaufbau eine Differentialgleichung in der Form

$$\bar{K} \cdot \dot{x} = -\left(L \cdot \dot{I}\right) + U + R \cdot I$$

herangezogen wird, wobei

K = Konstante,

$\dot{x}$  = Geschwindigkeit des beweglichen Teils,

L = Induktivität des Antriebs,

I = elektrischer Strom im Antrieb,

$\dot{I}$  = zeitliche Änderung des elektrischen Stroms im Antrieb,

U = elektrische Spannung am Antrieb,

R = elektrischer Widerstand des Antriebs.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Eingangsgröße die am elektronischen Antrieb (34) anliegende Spannung U verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Ausgangsgröße der durch den elektronischen Antrieb (34) fließende Strom I und/oder die Position x der beweglichen Teile und/oder eine zur Position x proportionale Winkelstellung  $\phi$  eines rotierenden Teiles des elektronischen Antriebs (34) und/oder eine der zeitlichen Ableitungen der Position x bzw. der Winkelstellung  $\phi$  herangezogen wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Überwachen des Prozesses die Optimierung der Federsteifigkeit c und/oder des Dämpfungsterms d unter Berücksichtigung der gemessenen Eingangs- und Ausgangsgrößen durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

daß die Korrekturgröße auf der Grundlage eines Vergleichs jeweils aktuell berechneter und optimierter Werte der Federsteifigkeit c und/oder des Dämpfungsterms d mit diesen entsprechenden abgelegten Werten ermittelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturgröße auf der Grundlage eines Vergleichs jeweils aktueller Werteverläufe der Federsteifigkeit c und/oder des Dämpfungsterms d mit diesen entsprechenden abgelegten Werteverläufen ermittelt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Prozeß zugeführte Korrekturgröße bei Erkennen eines Einklemmvorganges ein Reversieren oder Stoppen des elektronischen Antriebs (34) bewirkt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die abgelegten Werte und/oder Werteverläufe an sich verändernde Bedingungen adaptiert werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zum Überwachen des Prozesses zusätzlich ein Optimieren der Störgröße  $F_S$  durchgeführt wird.

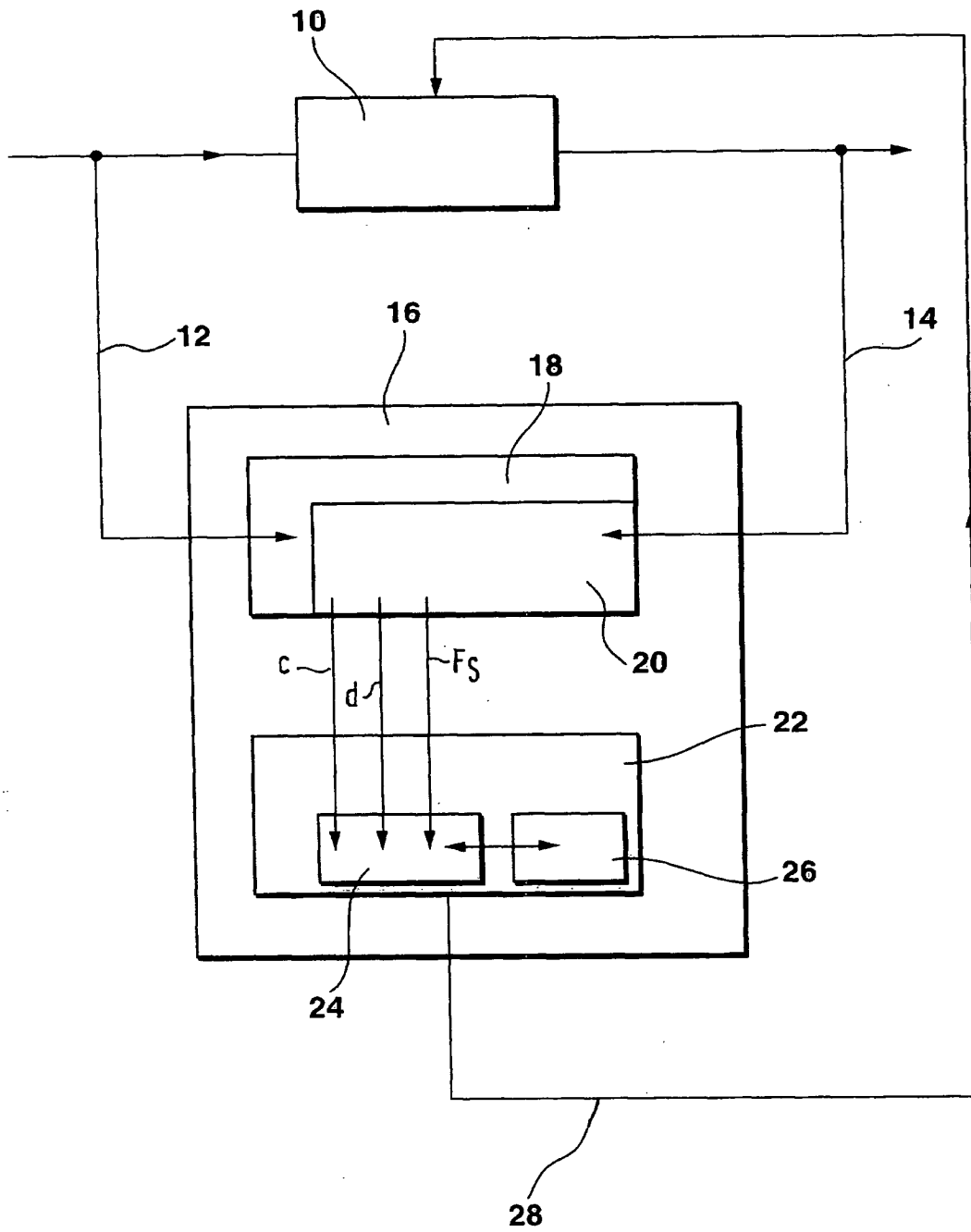
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zum Überwachen des Prozesses die Optimierung wenigstens einer Ausgangsgröße unter Berücksichtigung der gemessenen Eingangs- und Ausgangsgrößen durchgeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß als Korrekturgrößen Residuen gebildet werden, die den Unterschied zwischen den aktuell gemessenen Ausgangsgrößen und den optimierten Ausgangsgrößen wiedergeben.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß mit den Residuen eine differenzierte Erkennung von Einklemmvorgängen und anderen externen Störungen durchgeführt wird.

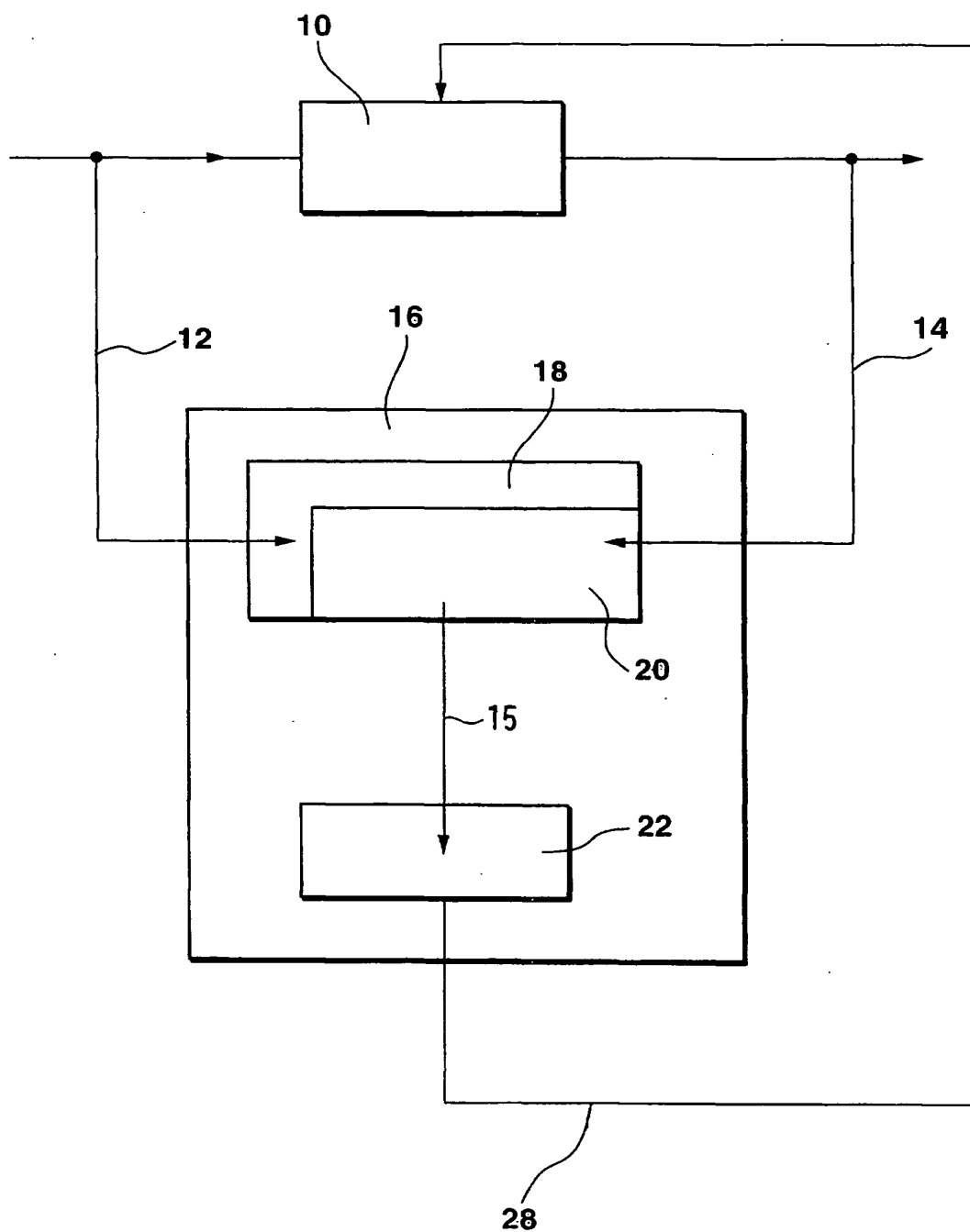
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

**Fig. 1**





**Fig. 2**



**Fig. 3**

